

**Marian Klobasa,
Fraunhofer Institute für System und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe**

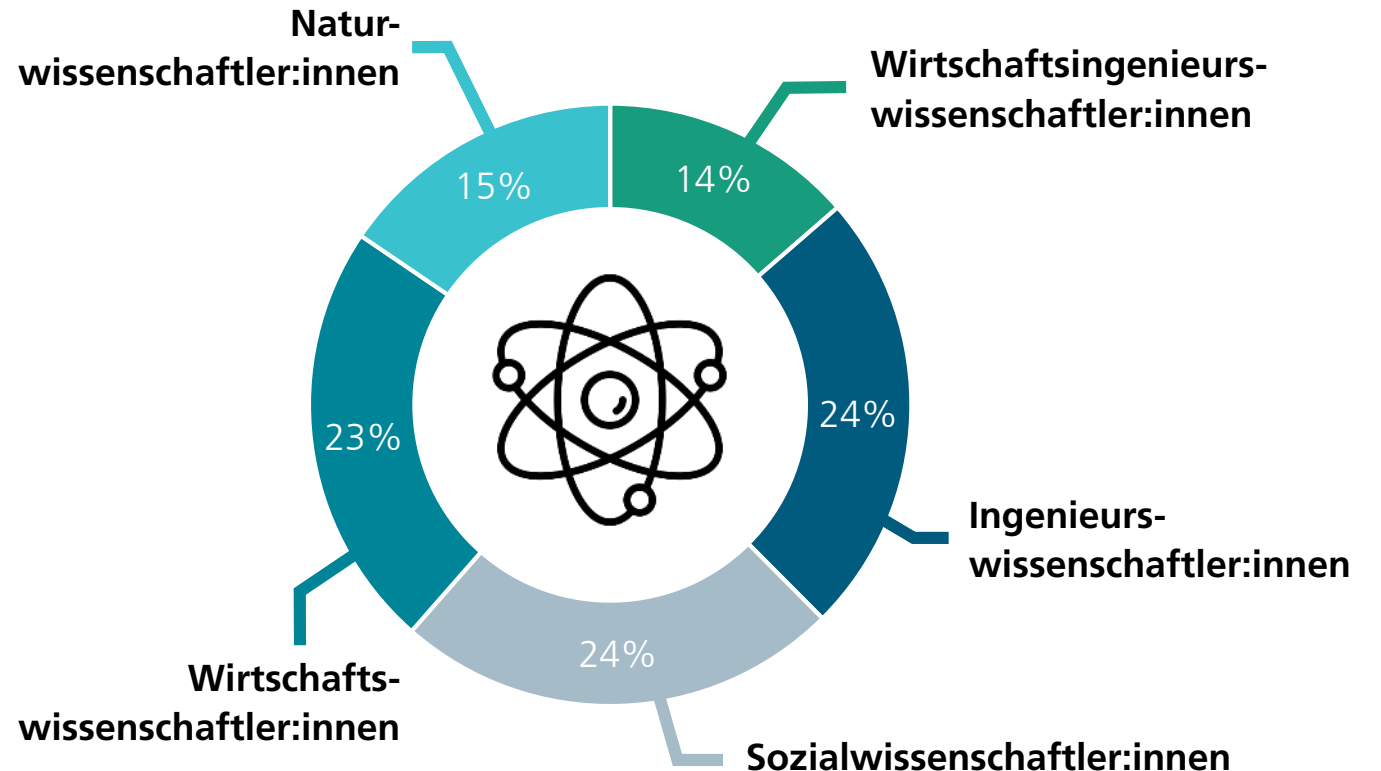
**Zukunftsgestaltung: Wie kann KI und
Digitalisierung zur Energiewende in
Städten beitragen?**

Fraunhofer ISI

Überblick über Themen und Struktur

Zahlen, Daten, Fakten

- **Kernthemen:**
 - Energietechnologie and Systeme, Energiepolitik and Märkte,
 - Nachhaltigkeit und Infrastrukturen,
 - Neue Technologien, Innovation und Regulierung
- **Mitarbeiteranzahl:** Aktuell 307 Mitarbeitende (plus 115 HiWis)
- **Internationalität:** Anteil internationaler Mitarbeitender circa 15 Prozent
- **Hohe Interdisziplinarität** durch Vielzahl an Fachrichtungen
- **Wissenschaftlicher Nachwuchs:** 2022 gab es 45 Promovierende



Quelle: Fraunhofer ISI, www.isi.fraunhofer.de

Stand 10/2022

Fraunhofer CINES

Vor-Ort-Systeme

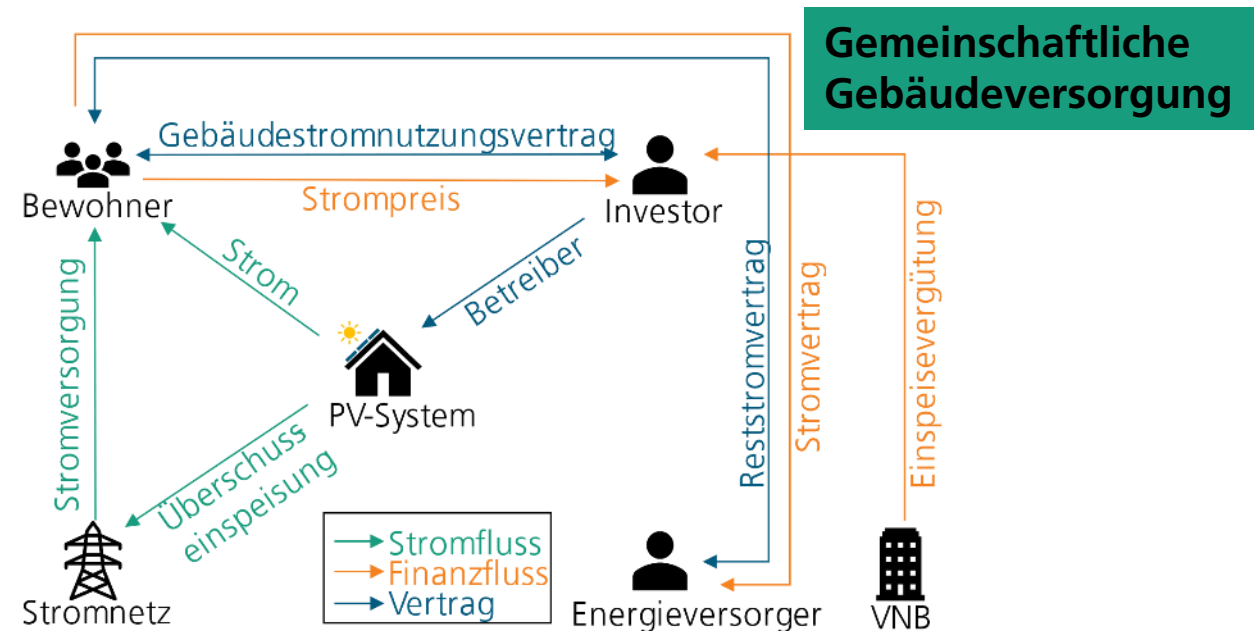
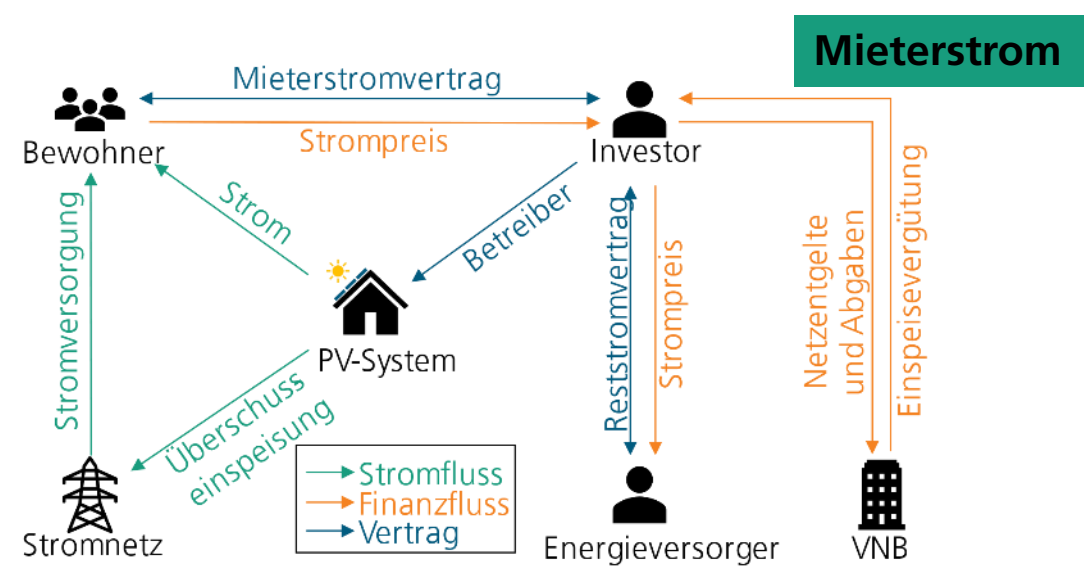
Unser Angebot

- Modularer Beratungsbaukasten für die Simulation real existierender & geplanter Quartiere
 - Vorhandene und zukünftige Energieinfrastrukturen
 - Sektorkopplung Vor-Ort, Einsatz von Flexibilitätsoptionen
- Ganzheitliche Analysen
 - Lokale Nutzungskonzepte für Energie
 - Nachhaltige und innovative Geschäftsmodelle
 - Regulatorische Möglichkeiten, Partizipationskonzepte

▪ **Lösungen** aus der angewandten Forschung für ...

- Stadtwerke und Kommunen
- Quartiersbetreiber
- Netzbetreiber
- Konsument:innen und Prosumer

Quelle: www.cines.fraunhofer.de/de/angebot/Vor-Ort-Systeme.html



Wo kann KI zur Energiewende und Transformation einen Beitrag leisten?

Anwendungsbereiche

Transformation

der Stromversorgung

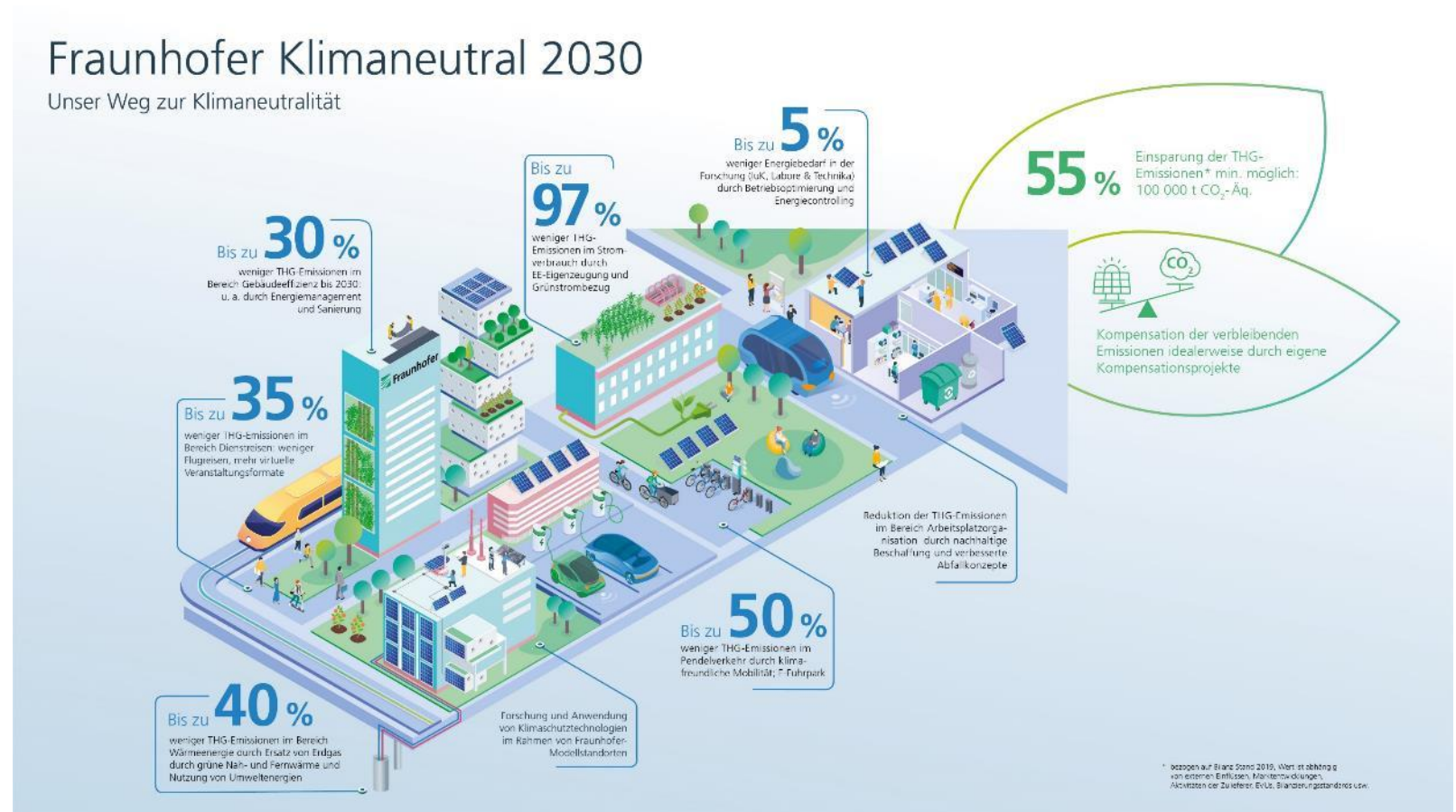
- Stromerzeugung
- Netzinfrastruktur
- Energiemanagement

der Wärmeversorgung

- Energiemanagement
- Infrastruktur, Nah- und Fernwärme

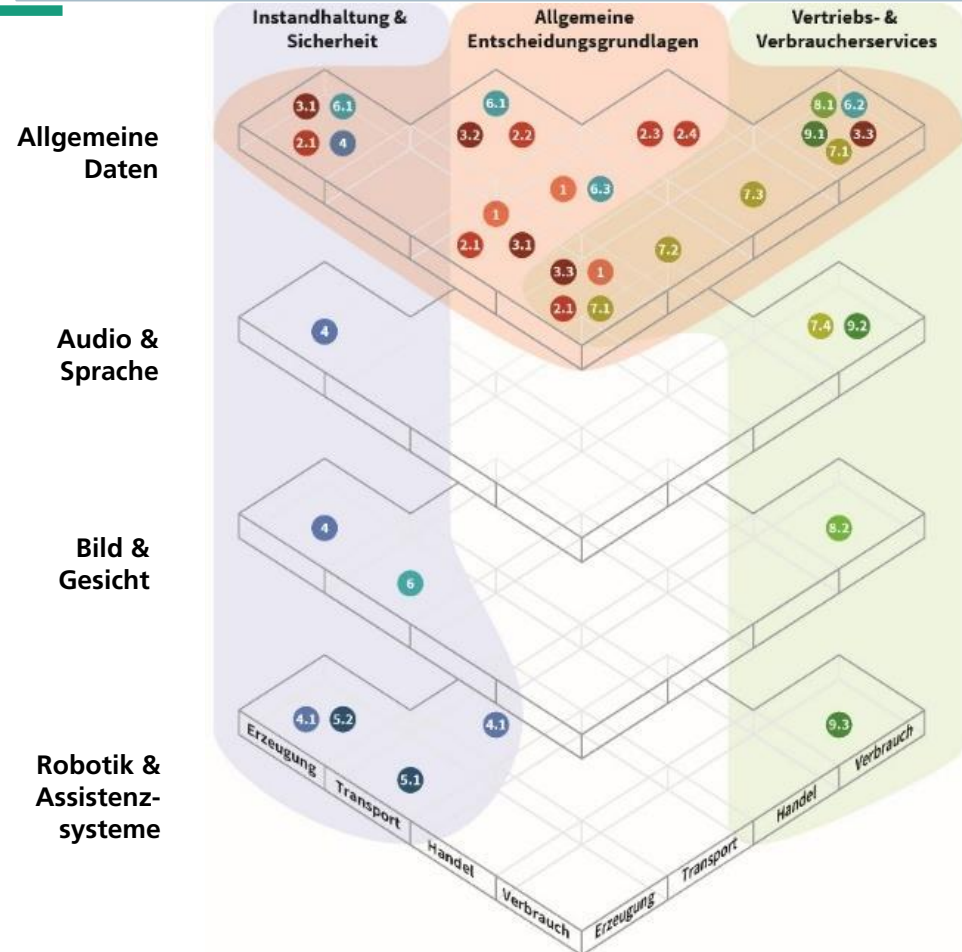
der Mobilität

- Mobilitätsplanung/Vernetzung
- Infrastrukturplanung

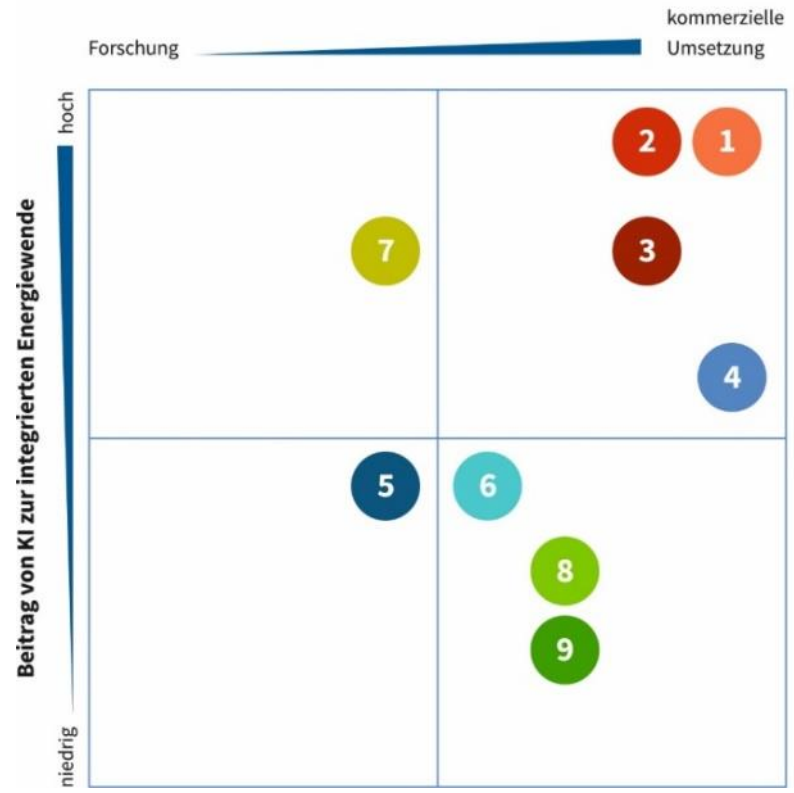


Quelle: Fraunhofer Gesellschaft, www.fraunhofer.de

Welche Anwendungsfelder gibt es für künstliche Intelligenz?



KI-Entwicklungsstand in der Energiewirtschaft



- Allgemeine Entscheidungsgrundlagen**
- 1 Prognosen
 - 2 Betriebsoptimierung
 - 3 Bestandsoptimierung & andere strategische Geschäftsentscheidungen
- Instandhaltung & Sicherheit**
- 4 Predictive Maintenance
 - 5 Wartung, Reparatur & Rückbau
 - 6 Sicherheitsmaßnahmen
- Vertriebs- & Verbraucherservices**
- 7 Vereinfachte Teilhabe aktiver Verbraucher
 - 8 Individualisierung von Produkten & Marketingmaßnahmen
 - 9 Prozessautomatisierung für Messungen, Abrechnungen & allgemeines Vertriebsgeschäft

Quelle: Künstliche Intelligenz – vom Hype zur energiewirtschaftlichen Realität. Vertiefte Analyse von KI-Anwendungsfeldern in der Energiewirtschaft https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2020/dena_ANALYSE_Kuenstliche_Intelligenz_-_vom_Hype_zur_energiewirtschaftlichen_Realitaet.pdf

KI-Anwendungen im Bereich Infrastrukturplanung

Infrastrukturplanung

- Entscheidungsgrundlage für langfristige, kapitalintensive Maßnahmen, Mehrwert von KI durch Berücksichtigung einer Vielzahl an Daten
- Anwendungsbereiche
 - **Planung von Erzeugungsanlagen:** Abgleich von langfristigen Ertragsmöglichkeiten (insb. Strompreise) und Kosten (insb. Betriebs- und Instandhaltungskosten)
 - **Planung der Netzinfrastruktur:** Abgleich der langfristigen Auslastung des Netzes und Möglichkeiten zur Erhöhung der Netzkapazität (bspw. Netzausbau, intelligente Bauteile)

Beispiel: Digitaler Verteilnetzzwilling von Gridhound für das Bayernwerk

- Identifikation kritischer Netzabschnitte durch digitales Netzmodell für u.a. Peakshaving
- Optimale Messstellen-platzierung für gezielten Hardware Einsatz

Beispiel: Ladeinfrastrukturplanung für Thüga durch Geospin

„Wir konnten bei einem kleinen Stadtwerk aus der Thüga-Gruppe mit unserer Standortanalyse [basierend auf 800 Geodaten und historische Nutzungsdaten] Standorte finden, die zunächst nicht eingeplant waren. Die knappen Mittel der Stadtwerke sind so besonders effizient eingesetzt.“

KI-Anwendungen vorausschauende Instandhaltung & Wartung



Identifikation eines Wartungs-/
Reparaturbedarfs mithilfe von
Robotern oder Drohnen

- Datenanalyse + Robotik
- Bsp. Netzinspektionsrobotern & Drohnen zur Wartung
- Untertützung bei fehlendem Fachwissen bzw. Erfahrung



Umsetzung einer Wartung/Reparatur/
Rückbaumaßnahme mithilfe von Assis-
tenzsystemen, Robotern oder Drohnen

- Datenanalyse + Robotik + Mensch-
Maschine Interaktion
- Bspw. Wartung mit Google Glasses,
Roboter zum nuklearen Rückbau
- Risikominimierung für Fachkräfte

Sicherheitsmaßnahmen - Abwehr von feindlichen Eingriffen in der physischen und digitalen Welt

Beschreibung

- Identifikation und Abwehr von feindlichen Eingriffen in
 - physischer Welt (bspw. Auswertung von Überwachungskameras) oder
 - digitaler Welt (cyber security)
- Anwendungsbereiche
 - IT-Sicherheit gegenüber Angriffen von außen bspw. *denial of service* oder *false data injection* bei Sensoren
- Lernverfahren: KNN

Beispiel: Automatische Erkennung von Gefahrensituation EnBW SafePlaces

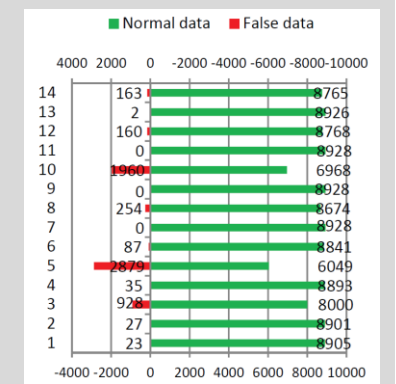
- Automatische Interpretation heterogener Sensorinformationen (visuell oder akustisch) aus Videodaten
- Automatischer Hinweis/Alarm
- Datenschutzkonform durch Anonymisierung der Personen

Quelle: <https://dev.enbw.com/intelligente-video-sensorik-und-datenschutz/>

Beispiel: Algorithmus zur Identifikation falscher Daten für Smart Grids

- Analyse von Sensordaten in einem Bus-System mit KI-Algorithmen

Quelle: He , Y.; Mendis, G.J.; Wei, J (2018):



Auswirkungen von KI auf den Energieverbrauch?

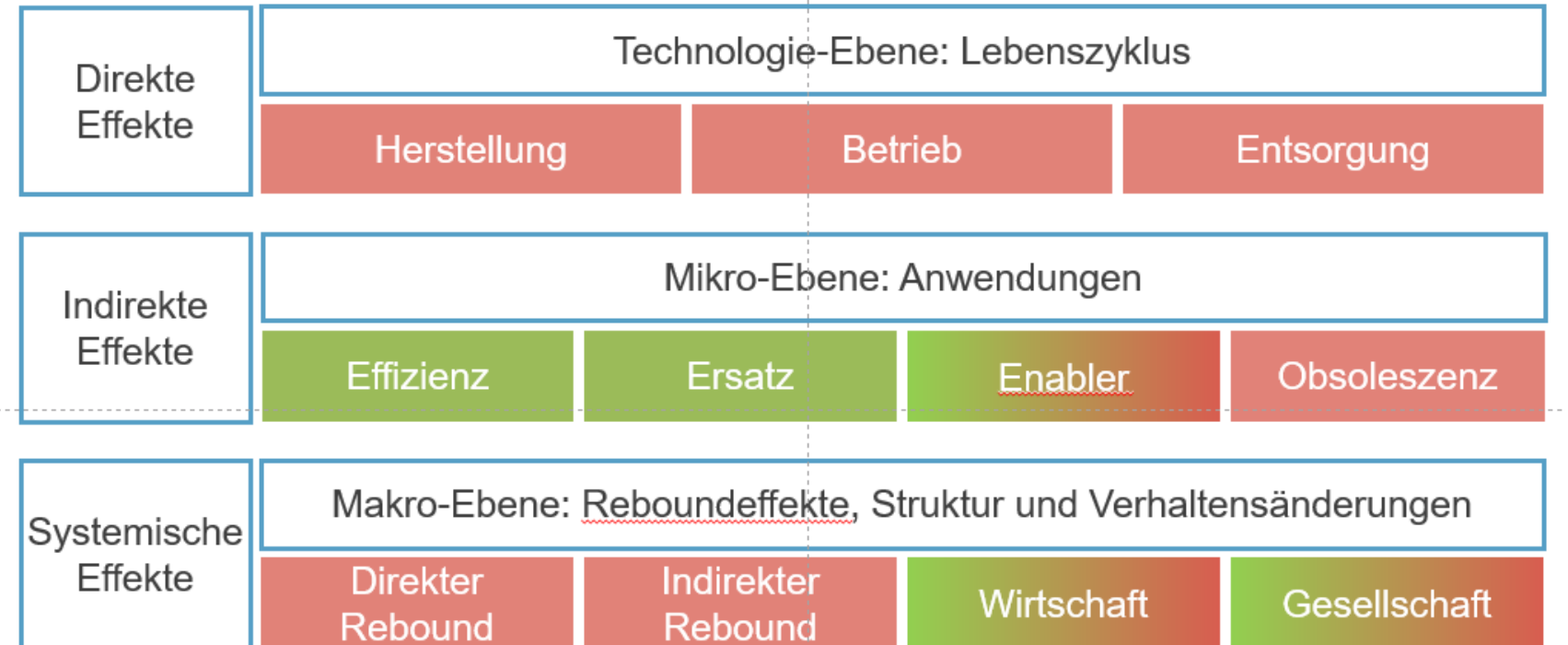
Übersicht Effekte

Bewertungsansätze

Analyse über 3 Ebenen

- Direkte Effekte
- Indirekte Effekte
- Systemische Effekte

⇒ Ganzheitliche Bewertung notwendig
⇒ Positive und negative Effekte möglich)



Rot: Vermutete negative Effekte; Grün: Vermutete positive Effekte; Farbverlauf Grün zu Rot: Auswirkung stark kontextabhängig

Quelle: eigene Darstellung

Energieverbrauch von KI-Anwendungen

Neue Anwendungsbereiche

Energiebedarf für Sprachmodelle

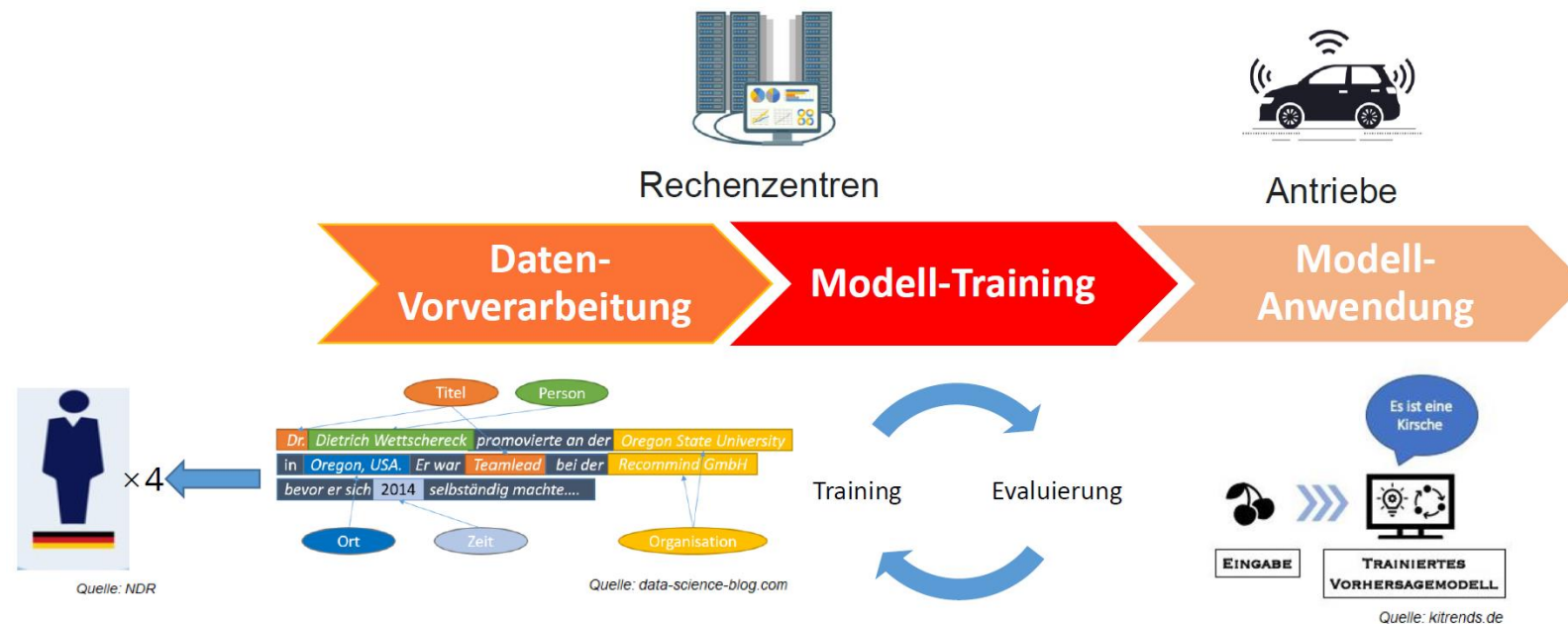
- Training der Modelle verursacht hohen Strom- / Wasserbedarf
- Schätzungen zu Energiebedarf von ChatGPT entspricht Bedarf von ca. 33 Tsd. Haushalten (Crawford, K. 2024)
- Erste Ansätze zu Regulierung und Monitoring

Im Auftrag von



Energiebedarfe der zentralen Zukunftstechnologien

Künstliche Intelligenz (KI)



Fazit zum Beitrag von KI zur Energiewende und Transformation

KI ist nur ein Baustein für eine erfolgreiche Transformation

Viele Transformationsprozessen können von KI profitieren

- Beitrag zum Umbau der Stromversorgung durch schnellere Prozesse beim Netzanschluss und bessere Planung der notwendigen Stromnetzinfrastuktur
- Elektrifizierung der Wärmeversorgung einfacher und effizienter
- Optimierte Mobilitätsangebote und passgenaue Infrastruktur für Elektromobilität

KI sollte zielgerichtet eingesetzt werden

- Nicht überall KI einsetzen, wenn ggf. einfachere Ansätze verfügbar, z.B. einfache Automatisierung
- Indirekte und systemische Effekte mitbetrachten
- Zusammenarbeit zwischen Digitalwirtschaft und Energiewirtschaft sinnvoll



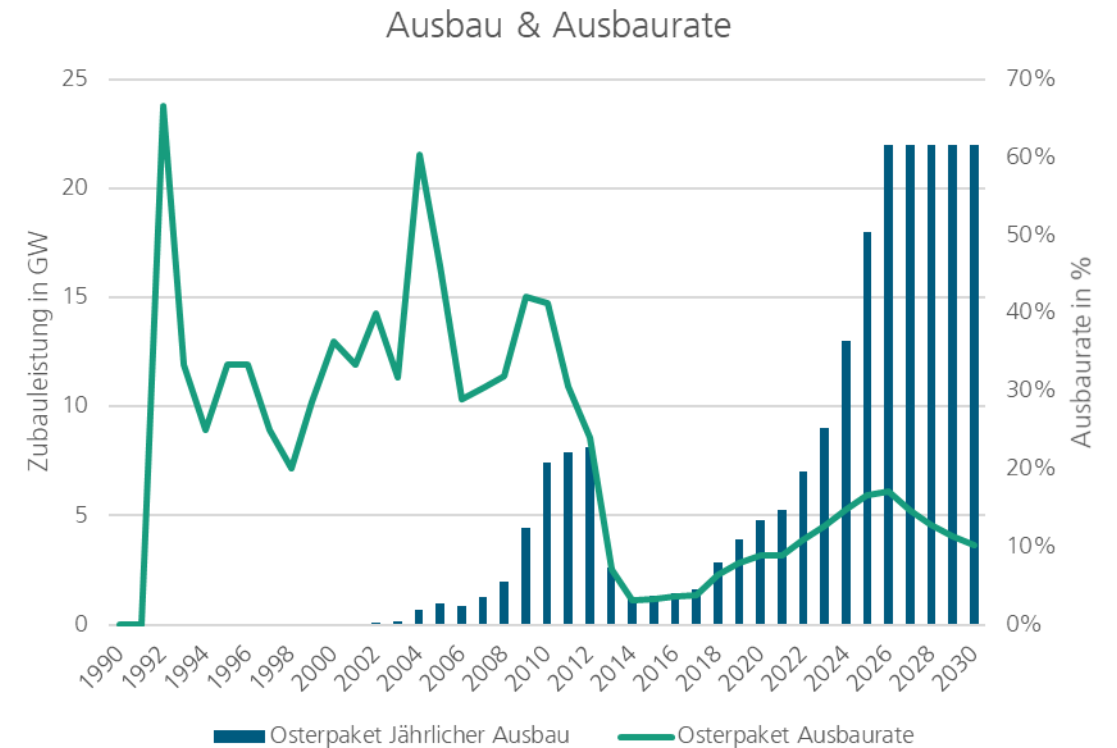
Digitalisierung für die Transformation der Verteilnetze

Transformation zur Klima-Neutralität

Aktiver Netzbetrieb und Einbindung der unteren Netzebene werden wichtiger

“Die Vielzahl an neuen Erzeugern, Verbrauchern und Speichern in der Niederspannung macht einen Umbau der Verteilnetze notwendig” – Fraunhofer CINES Thesen zur Digitalisierung des Energiesystems.

Starke PV-Dynamik in den kommenden Jahren erwartet



Quelle: Eigene Darstellung

https://www.cines.fraunhofer.de/content/dam/zv/cines/dokumente/publikationen/digitalisierung/CINES%20Thesenstudie%20Digitalisierung_DE.pdf

www.cines.fraunhofer.de/de/angebot/Digitalisierung.html

Beispiele für bestehende Implementierungen

Netzanschluss und Infrastrukturbereitstellung

Anschluss und Integration von Erzeugern, Verbrauchern und Speichern

Massives Ansteigen an Netzanschlussbegehren

Digitale Lösungen entstehen

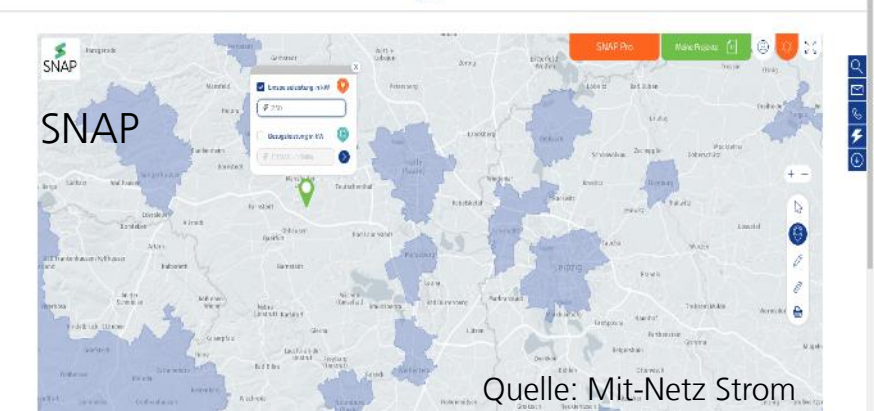
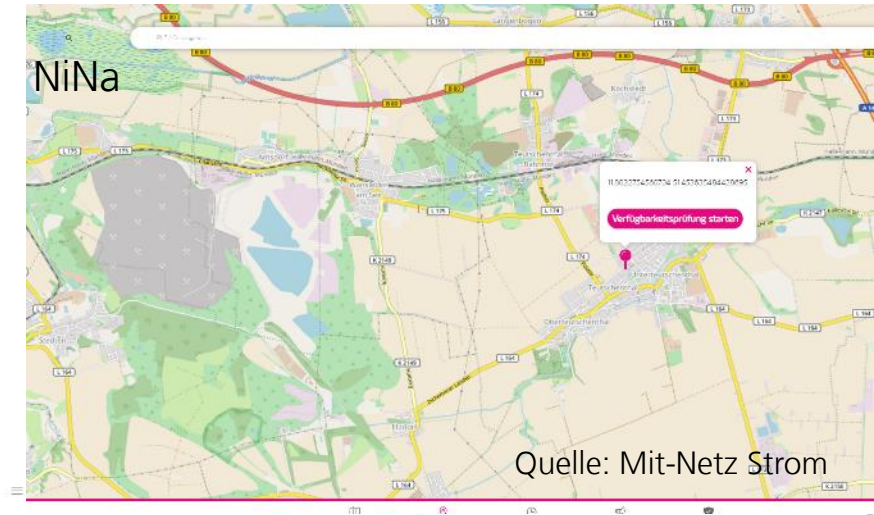
- Digitale Netzanschlussprüfungen für
 - Erzeugungsanlagen
 - Wallboxen und PV-Anlagen in der Niederspannung

⇒ Zukünftige Herausforderungen

- Unternehmensübergreifender Datenaustausch
- Einheitliche Implementierung

Beispielhafte Lösungsansätze

- NiNa: Online-Portal NiederspannungsNetzanfragen. Nutzer prüfen, ob an einer Adresse innerhalb des Netzgebietes der MITNETZ STROM die gewünschte Anschlussleistung zur Verfügung steht. Beschleunigung des Anschlusses einer Wallbox/Ladesäule oder Photovoltaikanlage.
- SNAP: Schnelle Netzanschlussprüfung. Prüfung ob Anschluss einer Einspeiseanlage zwischen 135 kW und 10 MW am Standort an die Mittelspannung möglich ist.



Stärkere Nutzerinteraktionen

Digitale EVUs sind Facilitator für neue Anwendungen und Use Cases

Aufbau von Ökosystemen und Datenräumen

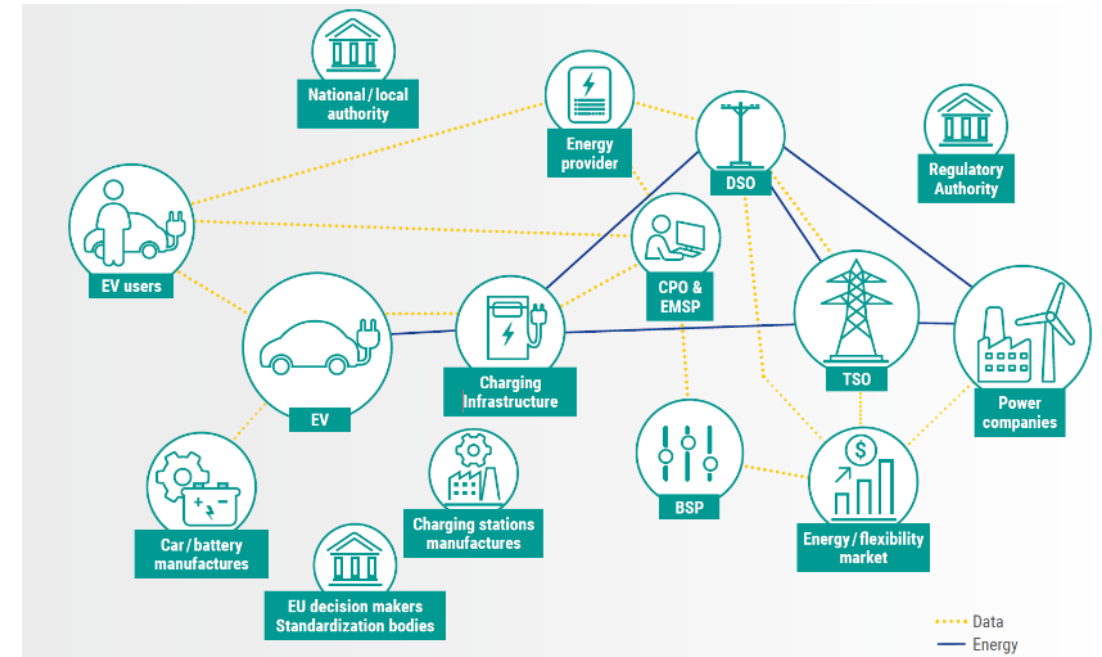
Interaktion mit Vielzahl an Akteuren

- Bereitstellung von Infrastruktur (z.B. öffentliche/private Ladepunkte)
- Nutzung/Bereitstellung von Flexibilitäten
- Kundenorientierte Dienstleistungen
 - Mobilität
 - Energiemanagement, Wärmebereitstellung, Effizienzberatung
 - Vermarktung/Betrieb von dezentraler Erzeugung und Speichern

Entwicklung von Ökosysteme und ganzheitlicheren Lösungen

- Integrierte Lösungen, die Nutzerbedürfnisse adressieren
- Unternehmens- und branchenübergreifende Zusammenarbeit
- Relevanz von Daten zu Nutzerbedürfnissen steigt.
- Anwendungsbereiche sind u.a. E-Mobilität und Wärmeversorgung in Quartieren

Daten- und Energie-Austausch zwischen Akteuren bei der E-Mobilität



Quelle: ENTSO-E

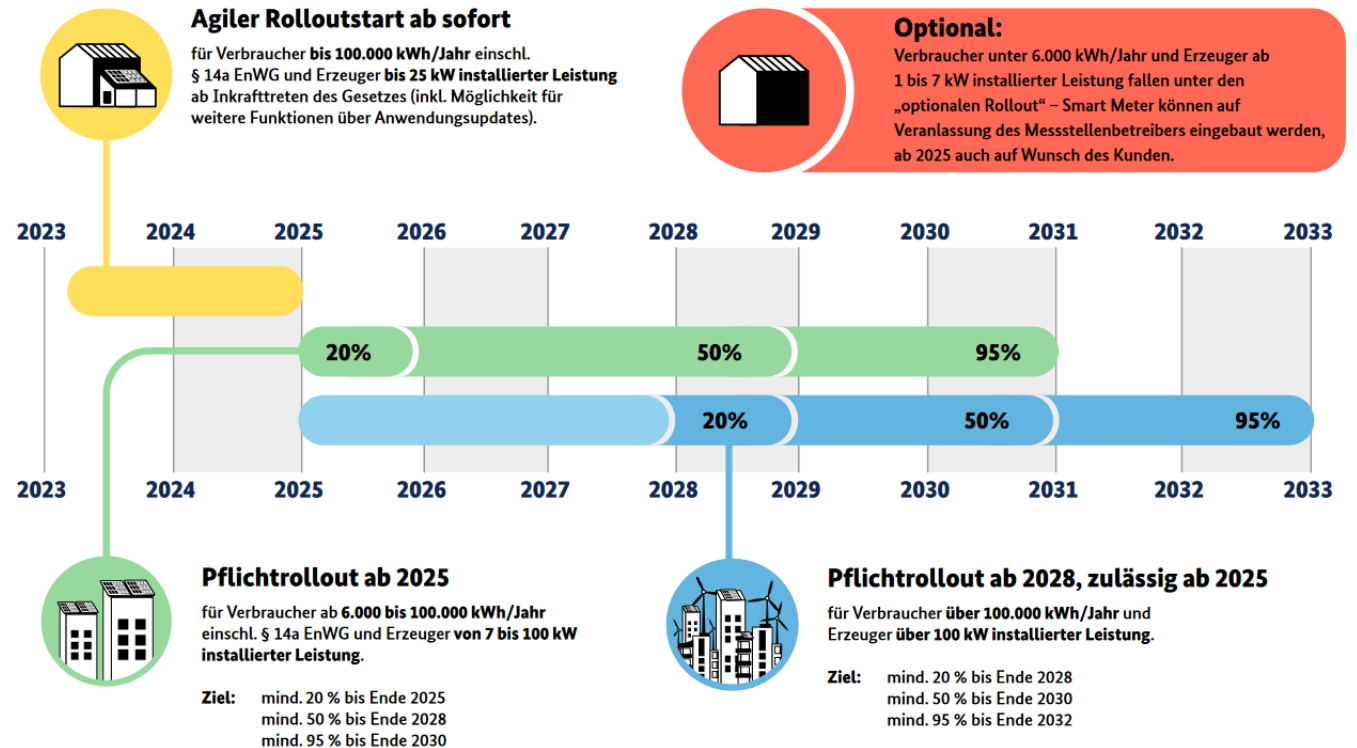
Kostengünstige Nutzung von Flexibilitäten durch Smart Meter Roll-Out

Wie schreitet die Steuerbarkeit von Kleinanlagen voran?

Kostengünstige Steuerungsmöglichkeit Basis für Flexibilität

- Kosten für Steuerung mitentscheidend für Attraktivität von Geschäftsmodellen
- Attraktive Kosten-Nutzen-Bilanz bei Ladeeinrichtungen, Wärmepumpen und PV-Anlagen
- Zur Erfüllung Roll-Out ca. 1,8 Mio. p.a. im Mittel, Ziel 15 Mio. Geräte bis Ende 2032
- Aktueller Stand ca. 700.000 Geräte (Ende 2023)
- Erwarteter Ausbau in 2024 ca. 1 Mio. Geräte, ab 2024/25 ca. 1,5 bis 2 Mio p.a. (Quelle PPC)

GESETZLICHER SMART-METER-ROLLOUTFAHRPLAN



Quelle: BMWK

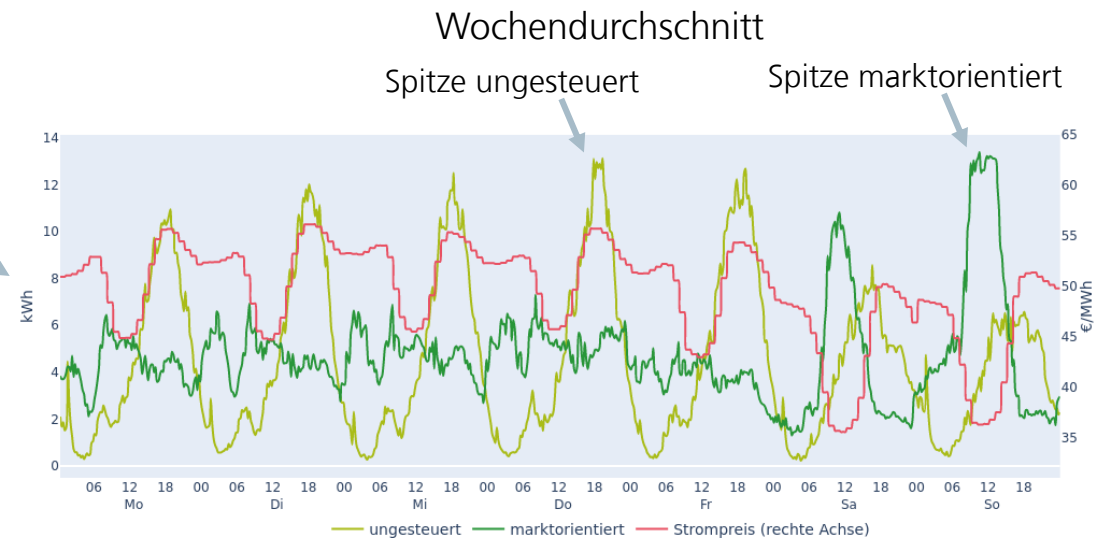
Ausbaubedarf durch marktlichen Flexibilitätseinsatz

Welchen Wert hat Flexibilität?

- Stärkere Elektrifizierung bedeutet Netzausbau
 - Haushaltsstrombedarf steigt im Schnitt von 3.500 kWh auf ca. 10.000 kWh mit Wärmepumpen und E-Fahrzeugen
- Auswirkung Flexibilität:
 - Dynamische Preise und marktliche Nutzung können zusätzlichen Ausbaubedarf verursachen, aber generieren Mehrwert im Gesamtsystem
 - Je nach Netztypologie aber auch positive Wirkungen auf Spitzenlast möglich
- Flexibilität und dynamische Netzentgelte als Instrumente zur Steigerung der Netzauslastung nutzen
- Perspektivisch verringert sich dadurch der Netzausbaubedarf sowie die Netzausbaugeschwindigkeit



Quelle: FFE 2023 – Projekt BDL



Quelle: Fraunhofer IEE 2023

Zukünftige Anwendungsbereiche für Smart Meter

Herausforderungen für Messstellenbetreiber

- Rollout durch viele Messstellenbetreiber gestartet (71%)*
- Mehrwertdienste und weitere Tarifierungsfälle bisher nur eingeschränkt durch Messstellenbetreiber (MSB) betrachtet
 - 20 % der MSB haben Zusatzleistungen definiert und bepreist
 - 9 % haben strategische Entscheidung getroffen und erste Ansätze für Mehrwertservice entwickelt
- Steuerung und Abruf von Zustandsdaten bisher wenig etabliert, Status Februar 2023:
 - TAF09 – Abruf IST-Einspeisung: 7%
 - TAF10 – Abruf Netzzustandsdaten: 4%
 - TAF14 – Hoch-frequente Messwerte für Mehrwertdienste: 0%
 - Einbindung von Daten in Netzleitsystem: 6%
 - Nutzung CLS-Kanal: 6%
- Rollout-Durchführung und Entwicklung von Mehrwertservices Herausforderung für kommenden Jahre

Quelle: PWC – „Smart Meter Roll-out – Standortbestimmung der gMSB“, April 2023

Größten Herausforderungen beim Smart Meter Roll-out

Prio	Herausforderung
1	Sicherstellung der Wirtschaftlichkeit
2	Anbindung/Realisierung der TAF in ERP-Systemen
3	Verfügbarkeit von Geräten (mME, SMGW)
4	Verfügbarkeit und Qualität der IT-Dienstleister
5	Sicherstellung der WAN-Kommunikation
6	Zuverlässigkeit/Leistungsfähigkeit der SMGWs
7	Verfügbarkeit von Montagekapazitäten
8	Übertragung, Lieferung und Verarbeitung von Messwerten, Ersatzwert-Bildung
9	Technische Probleme beim Einbau
10	Kommunikation mit den Endkund:innen
11	Auswahl Systeme/Dienstleister für SMGW-Administration

Fazit Transformation von EVUs und Netzbetreibern

Digitalisierung bei EVUs, Digitaler Netzbetrieb

Starker Anstieg an Erzeugungsanlagen, Speichern und neuen Verbrauchern

Integrierte und komplexere Interaktion auf technischer und geschäftlicher Ebene

1

Schnelle und automatisierte Kommunikation und Steuerung notwendig

2

Digitale Prozesse beschleunigen die Transformation und steigern die Effizienz beim Betrieb und der Planung von Energieinfrastrukturen.

3

Stärkere Nutzerinteraktion bei neuen Anwendungen und Dienstleistungen. Verfügbarkeit und Austausch von Daten sowie der Aufbau von Datenräumen sind Basis für nutzerzentrierte Ökosysteme

4

Fachkräfte und Kapazitäten notwendig bei EVUs und Netzbetreibern, um die Transformation erfolgreich zu gestalten

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



“Climate change is a race to zero. But the race is not between countries, the race is against time. And unless everybody finishes the race, nobody wins” - Fatih Birol, International Energy Agency (IEA).

Kontakt:

Marian Klobasa

Fraunhofer Institut für System und Innovationsforschung ISI

Breslauer Straße 48, D-76139 Karlsruhe

Tel: +49 721 6809 - 287;

eMail: marian.klobasa@isi.fraunhofer.de

www.isi.fraunhofer.de/de/themen/ki/effiziente-energiewende.html

www.cines.fraunhofer.de/de/angebot/Vor-Ort-Systeme.html